



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Off nl gungsschrift
10 DE 42 28 955 A 1

61 Int. Cl.⁵:
C 03 B 37/02
C 03 B 37/029

21 Aktenzeichen: P 42 28 955,6
22 Anmeldetag: 31. 8. 92
23 Offenlegungstag: 3. 3. 94

M

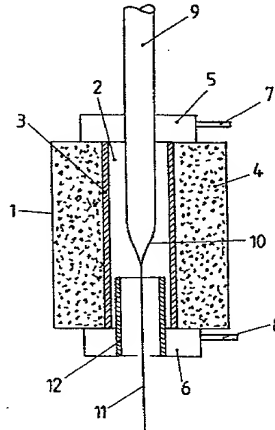
DE 42 28 955 A 1

71 Anmelder:
Kabel Rheydt AG, 41238 Mönchengladbach, DE

72 Erfinder:
Lysson, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing., 4052
Korschenbroich, DE; Bartling, Franz-Peter, Dipl.-Ing.,
4000 Düsseldorf, DE; Sommer, Ronald G., Dr., 4050
Mönchengladbach, DE

64 Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer optischen Faser

57 Bei der Herstellung einer optischen Faser (11) wird diese aus dem Ende einer mindestens in diesem Bereich (10) über der Glaserweichungstemperatur erwärmten Vorform (9) gezogen. Das Ziehen der Faser (11) aus dem Vorformende erfolgt in einer laminaren Gasströmung bei einem Temperaturverlauf mit abgeflachtem Temperaturgradienten. Hierzu enthält der Ziehofen einen Einsatz in Form eines oder mehrerer konzentrischer Muffelrohre (12).



DE 42 28 955 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 94 308 069/437

8/47

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer optischen Faser, bei dem die Faser aus dem Ende einer mindestens in diesem Bereich über die Glaserweichungstemperatur erwärmten Vorform gezogen wird.

Wegen der geringeren äußeren Abmessungen der optischen Fasern ist eine direkte Herstellung des geforderten Faserprofils aus unterschiedlichen Glassorten nicht möglich. Die Basis für die Herstellung einer Faser bildet deshalb eine sog. Vorform mit einem Durchmesser im Zentimeterbereich, die je nach Art der Faser, z. B. Multimode-Gradienten- oder Einmodenfasern auf recht unterschiedlichem Wege hergestellt werden kann. So sieht das sogenannte CVD-Verfahren beispielsweise die chemische Abscheidung aus der Gasphase im Innern eines Quarzglasrohres vor, das anschließend zur Vorform kolibriert wird, das sogenannte OVD-Verfahren beschreibt die Abscheidung aus der Gasphase und die Außenbeschichtung eines Glaskernes, während das sogenannte VAD-Verfahren die axiale Beschichtung aus der Gasphase vorsieht.

Glas ist ein amorpher Werkstoff, durch Erwärmen kann er in einen Zustand geringer Viskosität gebracht werden. Bei den für die Faserherstellung heute üblichen Quarzgläsern tritt eine merkliche Erweichung des Glases erst ab ca. 2000 oder 2200 K auf. Diese Glaserweichung bei entsprechender Temperatur wird benutzt, um die auf unterschiedlichem Wege hergestellte Vorform zu einem Glasfaden geringer Dicke ausziehen. Erwärmt wird die Vorform in einem sogenannten Ziehofen, der beispielsweise ein Graphit-Widerstandsofen sein kann, bei dem ein Heizelement unter Schutzgas durch geregelten pulsierenden Gleichstrom oder Wechselstrom auf Temperatur gebracht wird oder auch ein Induktionsofen, bei dem ein Rohr aus Zirkonoxyd selbst zum Glühen angeregt wird.

Der ring- oder rohrförmige Innenraum bekannter Ziehöfen hat bei den gegebenen Betriebstemperaturen durch Kaminwirkung eine Luft- oder Gasströmung durch das Offeninnere zur Folge. Die örtlichen Gegebenheiten im Ofeninneren führen nach dem Einbringen der Vorform zu einer Turbulenz dieser Luft- oder Gasströmung, die ihrerseits nachteilige Einflüsse auf die Faserdämpfung und Faserfestigkeit hat. Hieran ändert sich auch nichts, wenn Schutzgas etwa von oben her durch das Innere des Ziehofens geblasen wird. Nachteiligen Einfluß auf die Qualität der ausziehenden Faser hat aber nicht nur die im Ziehofeninneren bewegte Umluft, sondern auch die mit dem Verlassen der Ziehzwiebel und damit der Hochtemperaturzone im Innern des Ofens wirksame starke Faserabkühlung.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, den Einfluß der genannten Störgrößen, wie Luftturbulenzen im Ofeninnerenraum und steiler Temperaturabfall im Glasmaterial nach Verlassen der Hochtemperaturzone, auszuschalten bzw. deren Einfluß auf ein für die Qualität der optischen Fasern unerhebliches Maß zu reduzieren.

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung dadurch, daß das Ziehen der Faser aus dem Vorformende in einer in Fasernähe laminaren Gasströmung erfolgt, wobei der Temperaturverlauf von der Glaserweichungstemperatur bis auf Fasertemperatur einen abgeflachten Temperaturgradienten aufweist. Die laminare Gasströmung, sei es eine Luft- oder Gasatmosphäre, optimiert die Strömungsverhältnisse im Ziehofen bzw.

in der Heizzone wesentlich, die Qualität der Faser hinsichtlich Faserdämpfung und Festigkeit wird verbessert. Einfluß auf die Faserdämpfung zu nehmen mit dem Ziel, diese weiter zu verringern und insbesondere bei Einmodenfasern eine Optimierung herbeizuführen, ist die mit der Erfindung vorgeschlagene Maßnahme, die Kühlung mit einem abgeflachten Temperaturgradienten zu beginnen. Ein steiler Temperatursprung zwischen dem noch in der Ziehzwiebel befindlichen Glasmaterial und der bereits ausgezogenen Faser ist damit vermieden. Das bedeutet aber auch, daß ein Einfrieren im Glas vorhandener unvermeidbarer Inhomogenitäten von vornherein unterbleibt, so daß auf einen nachgeschalteten Temperprozeß verzichtet werden kann.

Vorteilhaft ist es in Weiterführung der Erfindung, wenn die laminare Gasströmung die Umhüllende der Faser, des Glaserweichungsbereiches und der Vorform ist. Dann ist ein problemloses Ausziehen der Faser aus der Vorform ohne störende Einflüsse von der Wandung des Ziehofens bzw. den Heizelementen her gewährleistet.

Mit der Optimierung der Gasströmung im Innern des Ziehofens beim Ziehprozeß geht eine spezielle Temperaturführung innerhalb des Ziehofens einher. Erreicht wird diese in Durchführung der Erfindung in einfachster Weise dadurch, daß der abgeflachte Temperaturgradient im Übergangsbereich von Erweichungsbereich und ausgezogener Faser durch Verringerung der Abstrahlverluste der Faser erreicht wird.

Als Gas für die Zwecke der Erfindung wird in der Regel Luft verwendet, aber auch ein Inertgas kann in Durchführung der Erfindung einen vorteilhaften Einsatz finden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens, bei dem die Erwärmung der Vorform in einem Ziehofen erfolgt, sieht vor, daß am faserausgangseitigen Ende des Ziehofens ein Einsatz in Form eines oder mehrerer konzentrischer Muffelrohre angeordnet ist. Dieser Einsatz, der bei senkrechter Ziehrichtung von unten her in den Ziehofen und in den Bereich der Heizelemente hineinragt, schließt in der Regel mit der Unterkante des Ziehofens ab. Die für die Zwecke der Erfindung getroffenen Maßnahmen zur Verbesserung der Faserqualität hinsichtlich Faserdämpfung und Faserfestigkeit spielen sich also im Gegensatz zu bekannten Maßnahmen der anschließenden Kühlung und Temperung im Innern des Ziehofens ab. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist damit auch in vorhandene Anlagen problemlos einzubauen, auf die räumliche Zuordnung von nachgeschalteten Einrichtungen in einer Ziehlinie, wie Durchmessermessgeräte, Zugkraftmeßkräfte, Kühlstrecken, Beschichtungseinrichtungen und dergl., braucht keine Rücksicht genommen zu werden.

Vorteilhaft ist es ferner, wenn der Durchmesser des die Faser umschließenden Muffelrohres dem Durchmesser der Vorform angepaßt ist. Dies ist eine weitere Maßnahme zur Vergleichmäßigung der Gasströmung innerhalb des Ziehofens.

Mitunter kann es ausreichen, wenn die bei senkrechter Anordnung der Faserziehstrecke angesaugte und durch das oder die Muffelrohre eingeführte Umgebungsluft als kontinuierlicher laminarer Gasstrom den Bereich Faser, Glaserweichungsbereich (Ziehzwiebel) und Vorform umströmt. Eine zweckmäßige Weiterbildung der Erfindung ergibt sich dadurch, daß durch das oder die Muffelrohre ein Spülgas, Luft oder ein Inertgas eingeblasen und am anderen Ende des Ziehofens wieder

abgesaugt wird. Eine hierzu mögliche Variante ist die, das Spülgas von oben her, d. h. in Faserziehrichtung an der Vorform vorbei in das anschließende Muffelrohr einzuleiten. Wesentlich ist in allen Fällen, daß das die Faser umschließende Muffelrohr eine laminare Gasströmung als Umhüllende für den Ausziehbereich sicherstellt, so daß durch an der Ofeninnenwand zirkulierende Einzelströme, die gleichzeitig mit Ablagerungen, etwa in Form von Oxiden beaufschlagt sind, Einfluß auf die Faser nicht nehmen können. Die optimierte Strömungsführung des Ofenspülgases im Innenraum reduziert die Turbulenzen in diesem Bereich wesentlich. Dies führt zu einer Verringerung der Faserdurchmesserfluktuation bei gleichzeitiger Steigerung der Faserfestigkeit. Denn geringere Turbulenzen in dem für die Qualität der Faser wesentlichen Formgebungsbereich bedeuten eine geringere Gefahr der Kontamination der Faser.

Ist der Ofenraum des Ziehofens durch sog. Ofendeckel abgeschlossen, dann ist es in Weiterführung der Erfindung zweckmäßig, die Enden der Muffelrohre in dem Durchlaufsrichtung der Faser unteren Ofendeckel zu lagern. Dabei weist der Ofendeckel eine oder mehrere Gaseinlaßöffnungen auf, durch die Außenluft angesaugt bzw. Luft oder ein Inertgas eingedrückt wird. Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang auch, wenn der Ofendeckel am faserabgangseitigen Ende des die Faser umschließenden Muffelrohres mit einer Blende versehen ist.

Die Muffelrohre, die gemäß der Erfindung als Einsatz im Inneren des Ziehofens angeordnet sind, können aus beliebigen, jedoch wärmebeständigen Materialien hergestellt sein. Für das die Faser führende Rohr bzw. bei mehreren konzentrischen Rohren für das die Faser führende innerste Rohr wird man vorteilhaft ein Quarzglas wählen, ein solches Rohr ist leicht verfügbar, es ist ein schlechter Wärmeleiter, weist eine hohe Temperaturbeständigkeit auf und gewährleistet eine fremdpartikelfreie Faserführung.

Die Forderung nach größeren Faserlängen erfordert auch größere Querschnitte bei den hierzu benötigten Vorformen. In solchen Fällen kann es mitunter vorteilhaft sein, wenn der Einsatz im ausgangseitigen Ende des Ziehofens aus mehreren konzentrischen Muffelrohren besteht, die in ihrer in den Ofenraum hineinragenden Länge abgestuft sind. Mit der Abstufung wird eine Anpassung an die jeweilige Geometrie der Vorform im sogenannten Ziehziebelbereich erreicht. Dieser durch turbulente Strömungen besonders gefährdete Bereich, der zudem wesentlichen Einfluß auf die Qualität der Glasfaser hat, erfährt durch die konzentrisch angeordneten in ihrer Länge abgestuften Muffelrohre eine laminare Strömung des Ofenspülgases auch bei extrem großen Vorformquerschnitten. Das gilt unabhängig davon, ob bei z. B. senkrecht angeordneter Fertigungslinie die Ofenspülung von unten, d. h. entgegen der Faserabzugsrichtung in den Ofenraum gelangt oder von oben, d. h. mit der Faserführungsrichtung in den Ofenraum eingeblasen wird. Die gewählte Abstufung wird dabei so vorgenommen, daß die Länge der Muffelrohre von dem innersten und kürzesten Muffelrohr nach außen hin entsprechend der Geometrie der Vorform im Bereich der Glaserweichungstemperatur zunimmt.

Die im Formgebungsbereich der Faser, d. h. im Ziehziebelbereich vorliegenden Glaserweichungstemperaturen von 2000 bis 2200 K machen es, insbesondere bei größeren Vorformquerschnitten, erforderlich, die hier verwendeten konzentrischen Muffelrohre aus unterschiedlichen Materialien herzustellen. So kann bei-

spielsweise das äußerste, dem Heizelement oder dem Heizkörper des Ziehofens unmittelbar benachbarte Muffelrohr aus Graphit oder Zirkonoxid bestehen, auch das nächstinnere kann entsprechend ausgebildet sein, um mit dem erfindungsgemäßen Einsatz bzw. den Enden der Muffelrohre möglichst weit in den Formgebungsbereich der Glasfaser hineinzukommen. Das innerste Muffelrohr, das praktisch ein Faserführungsrohr ist, wird man aus den oben erwähnten Gründen dann aber vorteilhaft als Quarzrohr ausbilden.

Die Erfindung sei anhand der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Die Fig. 1 sieht einen Ziehofen 1 herkömmlicher Bauart vor, dessen beheizter Innenraum 2 von dem rohrförmigen Heizelement 3 umschlossen ist. Das Heizelement 3 kann beispielsweise ein Rohr aus Zirkonoxid sein, das durch Induktion selbst zum Glühen angeregt wird, es kann aber auch die Form einer aufgetheilten Graphit- auskleidung haben. Umschlossen wird das Heizelement 3 von einer Isolierung 4, nicht dargestellt ist anschließende Halteelemente bzw. metallische Verkleidungen. Oben und unten abgeschlossen ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel der Ofenraum durch den oberen Ofendeckel 5 bzw. den unteren Ofendeckel 6. Diese Ofendeckel 5 und 6 weisen zusätzliche Gaseinführungs- oder Gasauslaßöffnungen 7 und 8 auf, die entweder beide gleichzeitig, aber auch wechselseitig in Betrieb genommen werden können. So kann das Ofenspülgas, beispielsweise Luft oder ein Inertgas, von oben durch die obere Einlaßöffnung 7 durch den Ofeninnenraum hindurch geführt werden. Umgekehrt ist es selbstverständlich auch möglich, das sogenannte Spülgas durch die Einlaßöffnung 8 von unten einzuführen und durch die Auslaßöffnung 7 wieder austreten zu lassen. Auf die zusätzliche Gaseinführungs- oder Gasauslaßöffnungen kann auch verzichtet werden, ohne die Funktionsfähigkeit der Muffelrohre in Frage zu stellen.

In den Ofenraum 2 hineingeführt und entsprechend dem Glasabtrag am unteren Ende ablenkbar ist die Vorform 9, aus der im Ziehziebelbereich 10, das ist der eigentliche Hochtemperaturbereich, die Faser 11 ausgezogen wird.

Zwangsläufig durch die beim Aufheizen des Innenraumes 2 entstehende Thermik von unten nach oben geführte Luft oder zwangsgeführte Spülgase führen durch die Verjüngung der Vorform 9 am unteren Ende zu einer Verwirbelung der umgebenden Luft oder des Gases in diesem Bereich, womit Qualitätsseinbußen an oder in der entstehenden Glasfaser vorprogrammiert sind. Abhilfe schafft hier die Erfindung durch den Einsatz 12, der als sogenanntes Muffelrohr ausgebildet ist und beispielsweise aus einem Quarzglas besteht. Dieses Muffelrohr wird soweit als möglich, d. h. soweit es die im Ziehziebelbereich herrschenden hohen Temperaturen zulassen, in den Ofeninnenraum 2 hineingeführt. Das nunmehr durch dieses Muffelrohr in den Ofeninnenraum 2 eingeführte Spülgas oder Luft behält die durch das Rohr vorgegebene laminare Strömung auch im Ziehziebelbereich 10 bei, Verwirbelungen in diesem Bereich sind vermieden. Das gilt auch, wenn gesonderte Ofenspülung von oben her an der äußeren Oberfläche der Vorform vorbei geleitet und durch das von unten her in den Ofeninnenraum 2 eingeführte Muffelrohr 12 weiter geführt wird.

Neben der erfindungsgemäß erzeugten laminaren Strömung im Umfeld der Vorform 9 und des Ziehziebelbereiches 10 hat das Muffelrohr 12 wegen der material eigenen geringen Wärmeleitfähigkeit zur Folge, daß

die beim Entstehen der Faser vorhandene Glasper-
temperatur nicht steil nach Verlassen des Ziehziebelbereiches
10 abfällt, sondern daß der Temperaturverlauf der aus-
gezogenen Faser mit abgeflachtem Temperaturgradi-
enten fortgeführt wird. Mit der Erfindung werden damit
sowohl die Gasströmung im Ofeninnenraum 2 als auch
die Abkühlrate der gezogenen Faser optimiert. Die
Qualität der Faser selbst, insbesondere hinsichtlich Fa-
serdämpfung und Faserfestigkeit, kann damit weiter ge-
steigert werden.

Nach unten abgeschlossen ist das Ofeninnere durch
eine sogenannte Irisblende 13, die von Hand oder auch
automatisch an den jeweiligen Faserdurchmesser an-
paßbar ist.

Abweichend von der Fig. 1 zeigt die Fig. 2 eine Aus-
führungsform, bei der in den vom rohrförmigen Heiz-
element 14 bzw. der Isolierung 15 umschlossenen Ofen-
innenraum 16 von unten her als Einsatz beispielsweise
zwei konzentrische Muffelrohre 17 und 18 vorgesehen
sind. Das dem Heizelement zugekehrte Muffelrohr 18
besteht beispielsweise aus Graphit oder Zirkonoxyd, es
ragt weit in den Ziehziebelbereich 19 hinein, sein In-
nendurchmesser ist dem Außendurchmesser der von
oben nachführbaren Vorform 20 angepaßt. Das innere,
die Faser führende Muffelrohr 17 besteht vorteilhaft aus
Quarzglas, um eine Kontamination der aus der Zieh-
ziebel auslaufenden Faser 21 durch bei den hohen
Temperaturen austretenden Materialteilchen zu ver-
meiden. Der untere Ofenabschluß, mit einer Durchfüh-
rung für die Faser 21 und einer Durchtrittsmöglichkeit
für die in diesem Ausführungsbeispiel von oben zuge-
führte Luft oder das von oben zugeführte Gas ist mit 22
bezeichnet. Wie aus der Fig. und durch Pfeile für das
von oben zugeführte Spülgas ersichtlich, bringt der er-
findungsgemäße Einsatz aus den zwei konzentrischen
Muffelrohren 17 und 18 eine durchgehende lamina-
re Strömung auch im Einschnürungsbereich der Vorform
mit sich. Das Muffelrohr 18 ist dabei weit in den Hoch-
temperaturbereich hineingezogen, aus diesem Grunde
aber auch aus einem gegenüber dem Muffelrohr 17 un-
terschiedlichen Material hergestellt. Neben der Ver-
gleichmäßigung der Gasströmung im Ofeninnenraum
16 sorgen die beiden konzentrischen Muffelrohre 17
und 18 auch dafür, daß der Temperatursprung des Glas-
materials aus dem Schmelzbereich bis zur fertig gezo-
genen Faser vergleichmäßig wird. Damit ist sichergestellt,
daß es nicht zu einem plötzlichen Einfrieren von im Glas
vorhandenen Inhomogenitäten kommt, die letztlich,
wenn nicht zusätzliche weitere Verfahrensschritte un-
ternommen werden, zu einer wesentlichen Dämpfungs-
erhöhung der fertig gezogenen Faser führen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer optischen Faser, 55
bei dem die Faser aus dem Ende einer mindestens
in diesem Bereich über die Glaserweichungstemp-
eratur erwärmten Vorform gezogen wird, dadurch
gekennzeichnet, daß das Ziehen der Faser aus dem
Vorformende in einer in Fasernähe laminaren Gas-
strömung erfolgt, wobei der Temperaturverlauf
von der Glaserweichungstemperatur bis auf Faser-
temperatur einen abgeflachten Temperaturgradi-
enten aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn- 65
zeichnet, daß die laminare Gasströmung Umhüllen-
de der Faser, des Glaserweichungsbereiches und
der Vorform ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der abgeflachte Temperaturgradi-
ent durch Verringerung der Abstrahlverluste der
Faser erreicht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der fol-
genden, dadurch gekennzeichnet, daß als Gas Luft
oder ein Inertgas verwendet wird.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens
nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, bei
dem die Erwärmung der Vorform in einem Zieh-
ofen erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß am fa-
serausgangsseitigen Ende des Ziehofens ein Einsatz
in Form eines oder mehrerer konzentrischer Muf-
felrohre angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Durchmesser mindestens eines
Muffelrohres dem Durchmesser der Vorform ange-
paßt ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6 mit den
Ofenraum abschließenden Ofendeckeln, dadurch
gekennzeichnet, daß die Enden der Muffelrohre in
dem in Durchlafrichtung der Faser unteren Ofen-
deckel gelagert sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Ofendeckel eine oder mehrere
Gaseinlaßöffnungen aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Ofendeckel am faserausgangssei-
tigen Ende des die Faser umschließenden Muffel-
rohres mit einer Blende versehen ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder einem der
folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß die Muf-
felrohre Quarzglasrohre sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder einem der
folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß die Muf-
felrohre nach außen mit dem ausgangsseitigen En-
de des Ziehofens abschließen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder einem der
folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß sich min-
destens ein Muffelrohr bis in den Faserziehbereich
erstreckt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder einem der
folgenden mit mehreren konzentrischen Muffel-
rohren als Einsatz im ausgangsseitigen Ende des
Ziehofens, dadurch gekennzeichnet, daß die Muf-
felrohre in ihrer in den Ofenraum hineinragenden
Länge abgestuft sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Länge der Muffelrohre von
dem innersten und kürzesten Muffelrohr nach au-
ßen hin entsprechend der Geometrie der Vorform
im Ziehziebelbereich zunimmt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch
gekennzeichnet, daß die Muffelrohre aus un-
terschiedlichen wärmebeständigen Materialien herge-
stellt sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

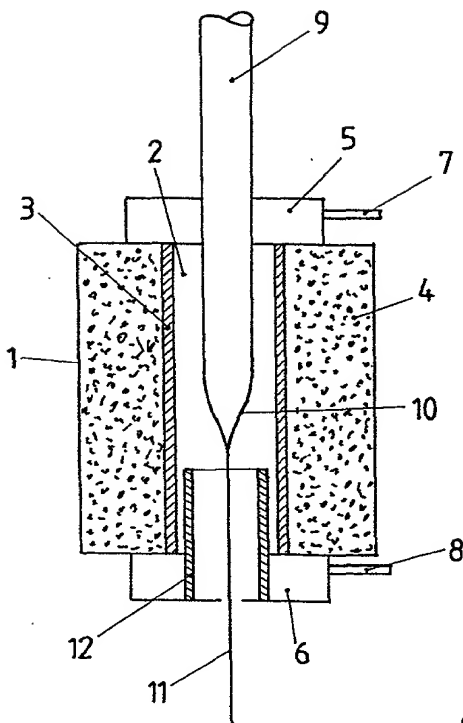


Fig.1 x

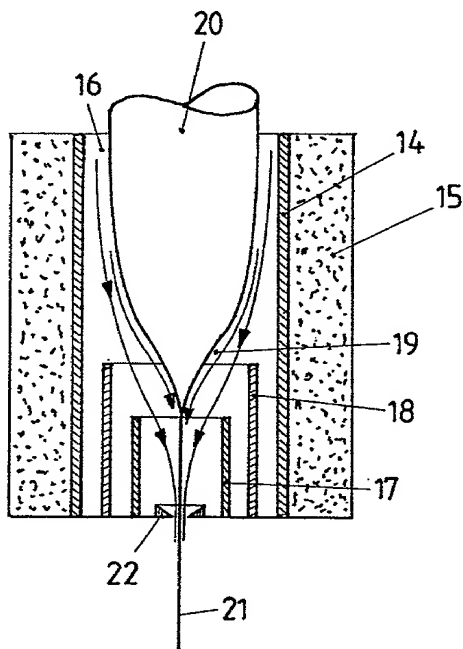


Fig.2